PHYSIKALISCHE ZEITSCHRIFT

No. 17. 26. Januar 1901. 2. Jahrgang.

INHALT.

Originalmitteilungen:
E. Marx, Über Antikohärer. S. 249.
H. Th. Simon, Über den sprechenden Flammenbogen und seine Verwendung zu einer Telephonie ohne Draht. S. 253.
F. Kurlbaum, Über eine vorteilhafte Verwendung des Vakuums für bolometrische Messungen. S. 258.
Vorträge und Diskussionen von der 72. Naturforscherversammlung zu Aachen:
G. Benischke, Neue Wechselstrommessinstrumente. S. 259.
Personalien. S. 264.

ORIGINALMITTEILUNGEN.

Über Antikohärer.

Von Erich Marx.

1. In der Technik der Funkentelegraphie sind seit einiger Zeit auf verschiedenen Empfangsstationen der Ozeandampfer die Branlyschen Kohärer durch Empfänger ersetzt worden, die unter dem Namen „Antikohärer" oder „Schäfer'sche Platte" bekannt sind. Diese bestehen aus feinen Rissen in Silberspiegeln, ähnlich denen, wie sie Righi zuerst als Empfänger für elektrische Wellen verwandt hat. Während nun die von Herrn Righi verwandten Silberstreifen auf Resonanz abgestimmt werden, und ihre Detektorwirkung in dem Auftreten kleiner Funken besteht, welche mittelst Lupe auf Entfernungen bis etwa 50 m noch wahrzunehmen sind, wird bei Verwendung der Silberspalte in der Wellentelegraphie, die Widerstandsänderung, welche diese Spalte bei elektrischer Bestrahlung erleiden, beobachtet.

Diese Methode des Nachweises elektrischer Wellen ist ausserordentlich empfindlich. Bei Versuchen auf hoher See konnten bei der üblichen Anordnung für Funkentelegraphie noch auf 95 km Entfernung sichere Signale erhalten werden, Entfernungen, die den mit den empfindlichsten Kohärern erhaltenen nicht nachstehen.

2. Eine Methode, elektrische Wellen durch die Widerstandsänderung nachzuweisen, die bei Bestrahlung von Metallspalten auftritt, ist schon seit langer Zeit bekannt. Herr Neugeschwender[1]) zeigte, dass feine Metallspalten ihren Ohmschen Widerstand bei Bestrahlung durch elektrische Wellen wesentlich vergrössern, falls dieselben mit einer dünnen Feuchtigkeitshaut überzogen sind. Der physikalische Vorgang, der dieser Erscheinung zu Grunde liegt, ist jedoch wesentlich verschieden von dem, welcher bei den sogenannten „Schäferschen Platten" auftritt.

Bei Neugeschwender hat man es mit wirklichen Metallspalten zu thun. Die beiden Seiten des Metallspaltes bilden die Elektroden, zwischen denen die Feuchtigkeitsschicht elektrolysirt wird.

Unter dem Mikroskop sieht man im Silberspalte bei nicht zu grosser elektromotorischer Kraft, Brücken entstehen, die dendritenartig von einer Seite des Spaltes zur anderen führen. Durch diese Brücken wird die Leitfähigkeit hergestellt; treffen elektrische Wellen auf den Spalt, so werden die Brücken zerstört und der Widerstand des Stromkreises nimmt zu; er nimmt sehr schnell seinen Anfangswert wieder an, wenn die Bestrahlung aufhört und die umgebende Luft Feuchtigkeit enthält.

Die von Herrn Neugeschwender entdeckte Erscheinung beruht also auf Veränderungen, welche in der Lösung vor sich gehen, die zwischen den Metallelektroden sich befindet, sie tritt gar nicht auf, wenn der Spalt trocken gehalten wird. Von praktischer Bedeutung für die Funkentelegraphie konnten die Neugeschwenderschen Spalte wegen der geringen Haltbarkeit derselben nicht werden.

3. Demgegenüber fand Herr Schäfer, dass auch ganz trockne Spalte eine solche Widerstandsänderung aufweisen. Bei diesen trocknen Silberspalten, deren Schaltung in Fig. 1 dargestellt ist, kann die Neugeschwendersche Erscheinung nicht auftreten, da die, den Silberspalt umgebende Luft peinlichst ausgetrocknet wird. Eine genauere Beobachtung ergiebt, dass wir es hier auch gar nicht mit wirklichen Silberspalten zu thun haben. Der die Silberfläche teilende Schnitt trennt die Schicht nicht vollständig. In dem Stromkreis, welcher den Silberspalt enthält, zirkulirt ein Strom von etwa 30 Milliampère. Man kann vermittelst eines Gravierdiamanten, wie bei Righi[1]) angegeben, leicht Spalte von nur $^1/_{100}$ mm Breite herstellen; diese

1) A. Neugeschwender, Wied. Ann. 67, 431, 1899; 68, 92, 1899.

1) A. Righi: Die Optik der elektrischen Schwingungen S. 24.

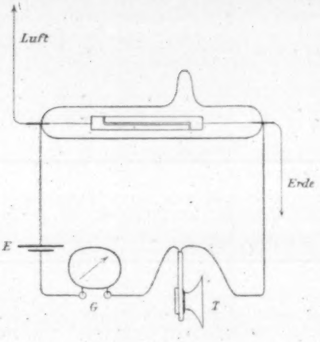


Fig. 1.

Spalte erweisen sich fast nie als vollständige Unterbrechungen, sondern zeigen bei einer Länge von 30 mm einen Widerstand von etwa 40 Ohm. Ist der Widerstand wesentlich geringer, so ist es vorteilhaft, ihn durch Durchbrennen der vorhandenen Brücken zu vergrössern.

Wenn nun auf einen solchen trocknen Silberschlitz elektrische Wellen auftreffen, so zeigt das Galvanometer sofort einen Rückgang des Stromes von 30 Milliampère auf 10 Milliampère an; wird die Bestrahlung unterbrochen, so tritt sofort die Anfangsstromstärke in dem Empfängerkreise wieder auf. Ein solcher Silberschlitz wirkt also im Gegensatz zu Branlys Kohärer bei elektrischer Bestrahlung widerstandsvergrössernd. Aus diesem Grunde wurde ihm der Name „Antikohärer" sicherlich wohl mit Unrecht gegeben. Gerade für solche Schlitze wäre, wie aus folgendem ersichtlich, der Bedeutung des Wortes nach, der Name Kohärer zutreffend gewesen, was für den Branlyschen Kohärer nicht erwiesen erscheint.[1]) Wenn der Spalt kurze Zeit in Gebrauch ist, so werden die Verhältnisse so konstant, dass nach Aufhören der Bestrahlung die ursprüngliche Stromstärke stets sehr nahe erreicht wird.

4. Es ist sehr merkwürdig, mit welcher Schnelligkeit ein solcher Silberspalt arbeitet. Schaltet man in den Stromkreis ein Telephon, so hört man den Rhythmus der schnellsten Unterbrechungen eines Wehnelt- oder Turbinen-Unterbrechers mit ausserordentlicher Schärfe. Für die Praxis der Fnnkentelegraphie ist diese Erscheinung, auf die wir nachher noch zurückkommen, von grosser Wichtigkeit. Hier erfolgt die Morsezeichengebung durch längeres und kürzeres Einschalten der Funkenstrecke des Induktoriums. Wenn von 2 Induktorien mit verschiedener Unterbrechungszahl Zeichen gegeben werden, so hört man am Rhythmus des Telephontons deutlich, von welchem Induktorium die Zeichen gegeben werden. Auf der nach System Schäfer eingerichteten Telegraphenstation der österreichischen Marine in Pola wurden, hierauf fussend, Versuche mit Multiplex-Telegraphie angestellt; es wurden zwei Telephone in den Empfängerkreis eingeschaltet und gleichzeitig zwei Telegramme von zwei verschiedenen Induktorien aufgegeben. Indem die Beamten an den beiden Telephonen jeder nur die Zeichen von bestimmtem Rhythmus vermerkten, konnten beide Telegramme mit demselben Empfangsapparate registriert werden. Die Untersuchung des physikalischen Vorganges in diesen Silberschlitzen ergiebt nun folgendes.

5. Die Messung des Ohmschen Widerstandes solcher Metallschlitze ist nur möglich, wenn man eine geringe elektromotorische Kraft von etwa 1—2 Volt in dem Empfängerkreis wirken lässt. Nimmt man 2 oder 3 Elemente, so beginnt im Telephon ein fortgesetztes, während ganzer Zeitabschnitte konstant, rhythmisches Geräusch. Dieser konstante Rhythmus ist durch eine Art elektrischen Puppenspieles hervorgerufen.

Wenn man den Spalt unter dem Mikroskop untersucht, so sieht man bei einer E. M. K. von etwa 3 Volt kleine Silbertheile in konstanter Oszillation zwischen den beiden Spaltbegrenzungen. Diese Oszillation ist offenbar dadurch verursacht, dass ein zwischen dem Spalt frei bewegliches Silberteilchen die elektrostatische Ladung der einen Seite des Spaltes annimmt, abgestossen wird, dann die der anderen Seite erhält, wieder zurückgestossen wird, und so in Schwingung gerät. Das Rauschen des Telephons, das während diesen Oszillationen wahrnehmbar ist, ist durch die hierdurch verursachten Stromschwankungen hervorgerufen.

Auch bei feuchten Spalten, wie sie Herr Neugeschwender verwandte, tritt dieses Rauschen bei höheren E. M. K. auf; hier sind es die Produkte der Elektrolyse, welche oszilliren. Haucht man einen trocknen Spalt, bei dem keine freien Silberteilchen vorhanden sind, an, so kann man hierdurch die oben beschriebene Oszillation einleiten; indem bei der nun stattfindenden Elektrolyse Silberteilchen mit losgerissen werden, und alsdann nach vollständigem Austrocknen des Spaltes ihrerseits in Oszillation geraten.

6. Die Silberschicht ist, wie oben erwähnt, nicht vollständig getrennt. Der Spalt zeigt sich unter dem Mikroskop durch feine Metalladern und Bäumchen überbrückt. Tritt nun eine elektrische Bestrahlung des Spaltes auf, so sieht man unter dem Mikroskop die Brücken verschwinden; sie bilden sich sofort wieder neu,

1) c. f. E. Aschkinass, Wied. Ann. 67, 430, 1899.

wenn die Bestrahlung aufhört; das zeigt die Widerstandsabnahme an. Es ist schwierig, mit dem Mikroskop zu untersuchen, ob das Entstehen und Vergehen solcher Metallbrücken mit derselben Geschwindigkeit erfolgt, wie die Unterbrechungen des Induktors, und ob hierdurch oder durch die Oszillation von Silberteilchen, die wir oben beschrieben, die genaue Wiedergabe des Rhythmus des Unterbrechers bedingt ist. Die Brücken, welche bei der Bestrahlung verschwinden, treten nach Aufhören der Bestrahlung oftmals nicht am gleichen Platz wieder auf, so dass der Teil des Spaltes, der im Ge-Gesichtsfeld des Mikroskops liegt, zeitweilig vollständig rein erscheint, trotzdem Stromschwankungen im Telephon wahrnehmbar sind. Ein gutes Skioptikon, mit dem sich die Frage vielleicht entscheiden liesse, stand mir nicht zur Verfügung.

Verursacht man durch Anlegen grösserer E. M. K. ein konstantes Rauschen im Telephon und bestrahlt hierauf den Spalt, so ändert sich der Ton im Telephon. Diese Änderung kann ebensowohl durch die geänderte Oszillationsdauer der freien Silberteilchen, als durch Entstehen und Vergehen der Brücken, als durch beides veranlasst sein. Dass die genaue Wiedergabe des Rhythmus des Unterbrechers, auch ohne Vorhandensein freier Silberteilchen stattfinden kann, lässt sich durch eine Versuchsanordnung zeigen, auf die ich weiter unten zu sprechen komme; zunächst sei hier auf ein Mittel verwiesen, dass Herr B. Schäfer geeignet erfand, um die Lebensdauer und Konstanz seines Empfängers zu erhöhen.

7. Dieses Mittel besteht darin, die Silberschlitze mit in Äther gelöstem Celluloid zu überstreichen. Der hierdurch erreichte Vorteil ist sehr beträchtlich, indem sowohl die Empfindlichkeit der Schlitze, als ihre Konstanz und Lebensdauer wesentlich erhöht wird. Der Grund für diese Erscheinung ist in folgendem zu finden.

Die zähe Celluloidlösung dringt beim Bestreichen nicht in den feinen Silberspalt ein, wegen der Grösse der zu überwindenden Kapillaritätsspannung. Es findet also lediglich eine Überdeckung des Schlitzes statt. Dass dies der Fall ist, lässt sich leicht zeigen, wenn man an Stelle von Celluloidlösung eine Auflösung von Schellack in Alkohol verwendet, und über der Spiritusflamme den Schellack vorsichtig eintrocknen lässt. Ein mit Schellack bestrichener und an der Luft getrockneter Spalt zeigt die Antikohärerwirkung; ist jedoch durch die Erwärmung der Schellack in den Schlitz gedrungen, so leitet zwar der Schlitz wegen der noch vorhandenen Brücken, eine Kohärerwirkung findet aber nicht mehr statt. Die Wirkung einer solchen Isolationsdecke besteht eben darin, dass die auf der Glasunterlage beim Auftreffen der Wellen verschwindenden Silberteilchen beim Verdampfen sich an der Isolationsdecke ansetzen, und so neue Brücken bilden, oder auf die Glasschicht sich wieder niederschlagen. Die Isolationsschicht wirkt hiernach für den Silberdampf wie ein Deckel auf einem Kochtopf für den Wasserdampf. Durch das Verhindern des Entweichens und das Zusammenhalten des Silbers ist die Konstanz der Spalte erhöht.

Die Empfindlichkeit solcher Empfänger wird nach dem Gesagten von der Leichtigkeit des Durchschmelzens also von der Feinheit der Silberüberbrückungen abhängig sein. Eine solche lässt sich künstlich steigern, wenn man den mit einer elastischen Kollodiumschicht überstrichenen Spalt in ein Glasgefäss einschliesst und unter der Luftpumpe derart behandelt, dass man verschiedene Male die Luft auspumpt und wieder hineinlässt. Das Vakuum, welches schliesslich beim Abschmelzen im

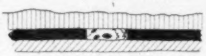


Fig. 2.

Glasrohr bleibt, ist je nach der zufälligen Beschaffenheit des Spaltes zu bemessen; man findet bei allmählichem Evakuieren ein Optimum der Empfindlichkeit, bei welchem man die Glasröhre zuschmilzt. Unter dem Mikroskop stellt sich bei etwa 900facher Vergrösserung der Querschnitt eines so behandelten und als empfindlich befundenen Spaltes etwa so dar, wie Figur 2 zeigt. Von den Rändern des Spaltes führen kleine Brücken zur Celluloidbedeckung, an welcher sich teilweise kleine Silberpartikel befinden.

Im Vakuum wird sich die elastische Decke offenbar noch höher abheben und wird gewölbter erscheinen, als in der Figur. Hierdurch werden die Silberteilchen, die am Celluloid kleben, feiner verteilt werden. Dass bei zu weit getriebener Evakuierung und zu grosser Isolierung der einzelnen Silberteilchen sich die Empfindlichkeit wieder verschlechtern kann, wie dies das Experiment lehrt, ist hiernach leicht ersichtlich.

8. Zur Untersuchung der Empfindlichkeit solcher Spalte bewährte sich folgende Anordnung, die ich ihrer Einfachheit halber anführen möchte, da sie wenig Raum erfordert und sich für vergleichende Untersuchung empfindlichster Detektoren für elektrische Induktion im hiesigen Laboratorium als sehr geeignet erwies. Benutzt wird hierbei die absorbierende Eigenschaft dünnen Eisendrahtes für Hochfrequenzströme, auf die namentlich von Herrn

Rutherford[1]) hingewiesen wurde. Nimmt man Eisendraht von 0,025 cm Dicke, so ist nach Rutherford das Verhältnis des Widerstandes für Gleichstrom zu dem für Hochfrequenz von 1,6 Million. Schwing. pro Sekunde gleich 1,9; dünner Eisendraht zeigt also für so schnelle Schwingungen verhältnismässig ausserordentlich grosse Absorption.

Die Anordnung ist in Figur 3 wiedergegeben. *A* ist ein gewöhnlicher Haustelegraphenelektromagnet, der, wenn der Taster den Strom schliesst, die Feder *F* in Bewegung setzt. Die Induktion, die bei den Stromunterbrechungen im angenähert horizontalen Drahte *D*, der einpolig an dem Elektromagnet befestigt ist, geweckt wird, genügt bei einer Annäherung auf wenige Centimeter, um an einem empfindlichen Kohärer diesen zum Ansprechen zu bringen; geht man weiter weg, so spricht der Kohärer nicht mehr an, wenn nicht etwa durch Schirmwirkung ein Ansprechen erzielt wird. Befestigt man nun das freie Ende

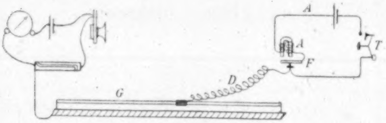


Fig. 3.

des Drahtes *D* verschiebbar auf einer Glasröhre *G* und bringt in etwa 2 cm Entfernung unter dieser eine Holzleiste an, auf der mit 1/2 cm Ganghöhe ein dünner Eisendraht befestigt ist, so werden die in dem von *D* beschatteten Stück geweckten Induktionsströme von dem nicht beschatteten Eisendraht zum Kohärer geleitet.

Durch Verschieben des Endes *D* erhält man ein sehr bequemes Mittel zur relativen Empfindlichkeitsmessung des Kohärers.

9. Bei der Leichtigkeit der Herstellung dünner Belege von Silber auf Glas dürfte dieses Metall am besten als Antikohärermaterial zu verwenden sein, wenn auch vom physikalischen Standpunkt aus nach dem hier Gesagten solche Metalle, die einen geringen Schmelzpunkt haben, den Vorzug verdienen würden. Der Silberbelag ist vorteilhaft so herzustellen, dass das Silber sich etwas schwammig absetzt und der Spiegel bläulich erscheint. Auch ist der molekulare Zustand des niedergeschlagenen Silbers von Einfluss auf die Empfindlichkeit; es ist ja durch die Arbeiten von Lüdtke, Carey Lea und anderen bekannt, welch grossen Einfluss eine einmalige Erwärmung, längere Belichtung etc. auf die physikalischen Eigenschaften, namentlich die elektrische Leitfähigkeit, von Silberniederschlägen haben.

Von anderen Metallen wurden Gold, Platin und Wismut untersucht. Gold zeigte sehr schwache, Platin gar keine Wirkung. Wismutspiegel stellte ich durch galvanischen Niederschlag auf vergoldetem Glase aus Wismutnitratlösung her. Die Lösung wurde nach Lenards[1]) Angabe bereitet, indem in chlorfreier HNO_3 Wismut gelöst und alsdann mit Wasser verdünnt wird, bis eine Trübung eintritt. Die mit diesen immerhin schwierig am Glase haftend zu erhaltenden Wismutbelegen erzielten Resultate lassen sich deshalb nicht direkt mit den bei Silber erhaltenen vergleichen, weil ein so feiner Metallriss, wie bei Silberspiegeln schwer herzustellen ist; es ist zur Herstellung des Risses wesentlich stärkerer Druck des Messers oder Diamanten erforderlich, um die Gold- und Wismutschicht zu durchschneiden. Es war wohl ein empfindlicher Antikohärer, aber trotz des geringen Schmelzpunktes des *Bi* nicht die gleiche Empfindlichkeit, wie bei Silber zu erzielen.

10. Das Zustandekommen der Widerstandsänderung ist jedenfalls primär bewirkt durch ein Ansteigen der Potentialdifferenz zwischen den Spaltseiten. Die Vergrösserung verursacht, wie oben auseinandergesetzt, eine Änderung des Übergangswiderstandes des Kohärerstromes infolge des Durchbrennens der Silberbrücken. Die Potentialdifferenz, die zwischen diesseits und jenseits des Spaltes auftritt, wird hier im Gegensatz zu den Righischen Resonatoren durch Induktionsstösse oder elektrische Wellen von beträchtlicher Länge verursacht.

Bei Righi wirkt der kleine Resonator für sich als Ganzes wie eine offene Pfeife[2]); das kann hier bei der Länge der Wellen, die hier verwendet werden, nicht der Fall sein, und es lag daher nahe, zu versuchen, ob die Wirkung der „Schäferschen Platte", die nicht an die Längendimensionen der Platte gebunden ist wie bei Righi, nicht bestehen blieb, wenn man den Schlitz so erweitert, dass nur noch die für die Erscheinung wesentliche Überbrückung übrigbleibt, dass also die nach dem Äusseren in Form eines Spaltes erscheinende Schäfersche Platte durch einen Silberstreifen von beträchtlicher Dünne ersetzt wird. Zu diesem Zwecke wurde ein Silberspiegel so abgeschabt, dass eine Brücke von etwa 1/10 mm Breite übrig blieb und die Silberfläche mit Celluloidlösung bestrichen (Fig. 4). Das Resultat entsprach absolut den Erwartungen. Der so hergestellte Antikohärer zeigte gleiche

1) Rutherford, Phil. Trans. 189, 1897.

1) Ph. Lenard, Wied. Ann. **39**; 638, 1890.
2) c. f. Righi, l. c.

Funktion wie die Schäfersche Trockenplatte. Auch der Rhythmus der Elektromagnetunterbrechung wurde treu wiedergegeben, wodurch auch gezeigt ist, dass die Wiedergabe schneller Unterbrechungen nicht an die Oszillation kleiner Silberteile, die oben beschrieben wurde, gebunden ist.

11. Unter einer grossen Anzahl untersuchter Silberrisse findet sich dann und wann einer, der bei Bestrahlung keine Widerstandsvergrösserung zeigt, sondern wie der Branlysche Kohärer eine Widerstandsabnahme aufweist.

Der Grund dieser Erscheinung dürfte wohl in Zusammenschmelzungen kleiner Silberteile zu finden sein, die nach Beendigung der Bestrahlung, also nach Abnahme der Potentialdifferenz auf beiden Seiten des Spaltes wieder zurückgeht. Diese Wirkung ist jedoch nie andauernd, sondern gewissermassen labil.

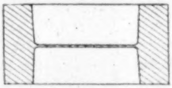


Fig. 4.

Nach einer geringen Anzahl von Bestrahlungen zeigen solche Spalte wieder normale Wirkung, d. h. Widerstandsvergrösserung, und bleiben alsdann annähernd konstant und auch bei täglicher Benutzung oft Monate lang lebensfähig.

12. Neben dem wissenschaftlichen Interesse, das ein so empfindliches Reagens für elektrische Wellen bietet, wie es die Widerstandsänderung der Metallrisse bei elektrischer Bestrahlung ist, kommt diesem Antikohärer grosse praktische Bedeutung in der Praxis der Funkentelegraphie zu. Die absolute Unempfindlichkeit äusseren Erschütterungen oder akustischen Einflüssen gegenüber und die Möglichkeit der Vermeidung von Relais, der Vermeidung der Klopfvorrichtung, welche auf schwankenden Schiffen häufig zu fehlerhafter Registrierung wegen der leicht beweglichen Relaisteile Anlass geben, sind wesentliche Vorzüge vor Branlys Kohärer, der an Empfindlichkeit diese Silberrisse nicht übertrifft. Die Aufnahme der Signale geschieht telephonisch und lässt sich entweder vermittelst des Telephons oder auf andere Weise, auf die ich demnächst näher eingehen werde, registrieren. Dieser Vorzug der Schäferschen Erfindung vor dem mit Recht des öfteren als „launenhaft" bezeichneten Kohärer ist so gross, dass seine Einführung in die Funkentelegraphie, nach welchem Systeme sie auch ausgeübt wird, sich für die Sicherheit des Funktionierens der Empfangsapparate wesentlich förderlich zeigen muss.

Vorliegende Untersuchung wurde von mir im Schäferschen Laboratorium, in welchem ich mich auf einige Monate als Physiker verpflichtet habe, ausgeführt. Ich bin Herrn B. Schäfer für seine Unterstützung bei den Experimenten zu Dank verpflichtet.

(Eingegangen 11. Januar 1901.)

Über den sprechenden Flammenbogen und seine Verwendung zu einer Telephonie ohne Draht.

Von Hermann Th. Simon.

Vor einiger Zeit[1]) habe ich gezeigt, dass der elektrische Flammenbogen auf periodische Schwankungen seiner Stromstärke mit Schallwirkungen anspricht, die er der Luft seiner Umgebung mitteilt; ebenso, dass er umgekehrt auf Schallschwingungen, die ihn treffen, mit Intensitätsoszillationen seiner Stromstärke reagiert. Beide Reaktionen sind so empfindlich, dass ich eine Anordnung angeben konnte, den Flammenbogen sowohl als Geber, wie als Empfänger zu einer telephonischen Schallübertragung zu verwenden.

Inzwischen ist es mir gelungen, durch Ermittlung zweckmässiger Versuchsbedingungen die Lautstärke der Übertragung überraschend zu steigern, so dass beispielsweise, wie ich in der Sitzung des hiesigen Physikalischen Vereins vom 8. September 1900 zeigte, die von dem Flammenbogen wiedergegebenen Klänge und Töne mit Leichtigkeit einen grossen Hörsaal ausfüllen und an jeder Stelle desselben deutlich zu vernehmen sind; während umgekehrt jedes gegen den Flammenbogen gesprochene Wort mit einer Sicherheit und Deutlichkeit übertragen wird, welche derjenigen der besten Mikrophone zum mindesten gleichkommt.

Des weiteren ist es mir neuerdings gelungen, was ich ebenfalls in der genannten Sitzung des Physikalischen Vereins demonstriert habe, mit Hilfe des sprechenden Flammenbogens erfolgreiche Versuche einer Schallübertragung durch Lichtwellen (Telephonie ohne Draht) anzustellen.

Im ersten Abschnitt der folgenden Notiz teile ich die Dimensionen und Betriebsbedingungen der zu diesen neueren Versuchen mit dem akustischen Flammenbogen von mir verwendeten

1) Wied. Ann. 64, 233, 1898.

Apparate mit, unter Darlegung der Gesichtspunkte, die für eine günstigste Anordnung in Betracht kommen. Im zweiten Teile soll dann über die erwähnten Versuche einer Lichttelephonie berichtet werden.

1. Das Prinzip des sprechenden Flammenbogens besteht darin, dass man die den Schallschwingungen entsprechenden Stromschwingungen eines Mikrophons über den konstanten Strom einer Gleichstrombogenlampe überlagert. Herr F. Braun[1]) hat im Anschluss an meine Versuche darauf aufmerksam gemacht, dass man bei derselben Amplitude der aufgeprägten Stromschwingungen um so stärkere Wirkungen erwarten darf, je grösser der Gleichstrom ist, über den man die Schwingungen überlagert. Da nämlich, wie ich am angeführten Orte eingehend diskutiert habe, die Erscheinung wahrscheinlich durch Schwankungen der im Flammenbogen auftretenden Jouleschen Wärme entsteht, welche dem Produkte $i^2 w$ proportional ist, so ergiebt sich der durch einen Stromstärkezuwachs di bewirkte Zuwachs dieser Wärme zu $2\,i\,di\,w$, ist also um so grösser, je grösser die Betriebsstromstärke i des Flammenbogens ist. Diese Entwicklung setzt voraus, dass man bei dem elektrischen Flammenbogen von einem Ohmschen Widerstande, wie bei einem gewöhnlichen Leiter, reden kann, was bekanntlich nach den Erfahrungen über die Elektrizitätsleitung in Gasen, sowie nach den Messungen an Bogenlampen nicht ohne weiteres erlaubt ist. Inwieweit diese Annahme erfüllt ist, also auch inwieweit die Braunsche Bemerkung auf die Verhältnisse im Flammenbogen Anwendung finden darf, ist augenblicklich Gegenstand einer eingehenden Untersuchung im hiesigen Laboratorium. Dieselbe dürfte gleichzeitig die Frage nach dem Widerstande eines Flammenbogens von einer neuen Seite aufklären. Die bisherige rohe Erfahrung bestätigt jedenfalls die Schlussfolgerung der Braunschen Bemerkung, da eine grössere Stromstärke i in der That lautere Wirkungen zeigt.

Somit ergiebt sich als erstes Erfordernis zur Erzielung starker Wirkungen die Verwendung einer Bogenlampe mit möglichst hoher Betriebstromstärke. Ich verwendete eine Schuckertsche Projektionsbogenlampe mit Differentialregulierung und 16—20 Ampère Stromstärke; eine grössere Lampe stand mir bisher noch nicht zur Verfügung.

Des weiteren gilt es, die Zuwächse di, d. h. die Amplituden der übergelagerten Stromschwingungen möglichst gross zu machen und mit einem möglichst grossen Nutzeffekt auf den Bogenlampenstromkreis zu übertragen.

1) Wied. Ann. 65, 358, 1898.

Zur Erreichung des ersten Zweckes verhilft ein möglichst wirksames Mikrophon, wie es z. B. unübertroffen in dem neuen Kohlenkörnermikrophon (Tausend Kilometer-Mikrophon) der Firma Mix & Genest in Berlin vorliegt. (Vergl. diese Ztschr. I, 599, 1900.) Dasselbe lässt sich bei einem Widerstande von ca. 5 Ohm mit 2 bis 4 Volt, also recht grosser Stromstärke, betreiben und liefert dann Stromschwingungen von überraschender Wirksamkeit, wie man sich bei Übertragung auf ein Telephon überzeugt.

Um diese Stromschwingungen möglichst intensiv auf den Flammenbogenstromkreis zu übertragen, lassen sich mehrere Wege einschlagen. Der erste nächstliegende ist der zuerst von mir eingeschlagene der Benutzung einer Induktionsspule, deren eine Windungsabteilung von dem Lampenstrom, die andere von den Mikrophonströmen durchflossen wird. Es gilt dann, die günstigsten Verhältnisse dieser Übertragung auszumitteln.

Wir haben es hier mit einem ganz ähnlichen Problem zu thun, wie bei den Induktionsspulen der Mikrophone, denen ja auch dieselbe Aufgabe zufällt, Stromschwingungen mit möglichster Stärke und möglichster Deutlichkeit von einem Stromkreis auf einen andern zu übertragen. Die Bedingung der Deutlichkeit lässt sich — vielleicht präziser verständlich — auch so ausdrücken: es wird verlangt, dass die Übertragung ohne Änderung der Klangfarbe erfolgt. Die analytische Formulierung und Lösung dieses Problems ist für die Bedürfnisse der Telephonie durchgeführt, wir können für unseren Fall die dort erhaltenen Ergebnisse direkt verwerten.[1])

Wir bezeichnen (siehe Figur 1) mit R_1 R_2 die Widerstände, mit L_1 L_2 die Selbstinduktionen der beiden Stromkreise S_1 S_2, mit $\mathfrak{J}_1$ $\mathfrak{J}_2$ die in denselben verlaufenden variablen Stromstärken, mit M den Koeffizienten der gegenseitigen Induktion, mit E die E.M.K. der im Mikrophonkreise eingeschalteten Batterie B. Der in S_2 fliessende Bogenlampenstrom kommt für die folgenden Rechnungen nicht in Betracht, da er eine konstante Stärke dauernd beibehält, er ist also in $\mathfrak{J}_2$ nicht mit enthalten.

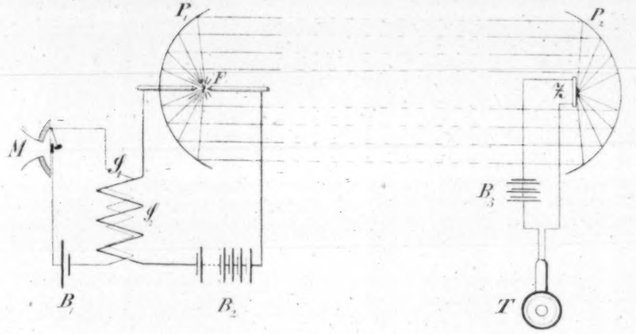
Das Neumannsche Induktionsgesetz giebt dann als Gleichungen für unser System:

$$(\mathfrak{J}_1 R_1 - E) + L_1 \frac{d\mathfrak{J}_1}{dt} + M \frac{d\mathfrak{J}_2}{dt} = 0 \text{ für } S_1 . \quad 1)$$

$$\mathfrak{J}_2 R_2 + L_2 \frac{d\mathfrak{J}_2}{dt} + M \frac{d\mathfrak{J}_1}{dt} = 0 \text{ für } S_2 . \quad 2)$$

Wenn die Mikrophonenmembran von einer einfachen Sinuswelle getroffen wird, so führt der Widerstand r_1 des Mikrophonkontaktes

1) Vgl. Wietlisbach, Handbuch der Telephonie, S. 58 ff. Wien 1899.



F Flammenbogen.
M Mikrophon.
S_1 S_2 Transformator.
P Parabolspiegel.
Z Selenzelle.
T Telephon.

Fig. 1.

Schwankungen um seinen Wert r_0 in der Ruhelage aus, welche den Amplituden der Membran proportional gesetzt werden können. Ist R_0 der Widerstand und $\mathfrak{J}_0$ die Stromstärke des primären Stromkreises, wenn die Membran in Ruhe ist, so wird also bei der Bewegung

3) $R_1 = R_0 + \Delta R = R_0 + \Delta R_0 \cos \omega t,$

wo $\omega = 2\pi n$ die Periode der Sinuswelle ist.

Eine deutliche telephonische Übertragung verlangt, dass die den Widerstandsschwankungen entsprechenden Stromschwankungen ebenfalls sinusförmig sind, es muss also

4) $\mathfrak{J}_1 = \mathfrak{J}_0 - \Delta \mathfrak{J} = \mathfrak{J}_0 - \Delta_0 \cos \omega t$ sein.

Das Ohmsche Gesetz ergiebt

5) $$\mathfrak{J}_0 R_0 = E$$

6) und $\mathfrak{J}_1 R_1 = (\mathfrak{J}_0 + \Delta \mathfrak{J})(\mathfrak{J}_0 + \Delta R) = E$.

also

$$\mathfrak{J}_0 R_0 + \mathfrak{J}_0 \Delta R + R_0 \Delta \mathfrak{J} + \Delta \mathfrak{J} \Delta R = \mathfrak{J}_1 R_1 .$$

Damit wird aus 1)

1a) $$\mathfrak{J}_0 \Delta R + R_0 \Delta \mathfrak{J} + \Delta \mathfrak{J} \Delta \mathfrak{J} + L_1 \frac{d\mathfrak{J}_1}{dt} + M \frac{d\mathfrak{J}_2}{dt} = 0 .$$

Aus 3) und 6) erhält man

7) $$\mathfrak{J}_1 = \frac{E}{R_0 + \Delta R_0 \cos \omega t} = \frac{E}{R_0 \left(1 + \frac{\Delta R_0}{R_0} \cos \omega t\right)} .$$

Damit dieser Ausdruck die Bedingung 4) erfüllt, muss ΔR_0 gegen R_0 sehr klein sein, dann lässt sich nach dem binomischen Lehrsatz schreiben

8) $$\mathfrak{J}_1 = \frac{E}{R_0}\left(1 - \frac{\Delta R_0}{R_0} \cos \omega t\right)$$

$$= \mathfrak{J}_0 - \Delta \mathfrak{J}_0 \cos \omega t .$$

wo $\Delta \mathfrak{J}_0 = \mathfrak{J}_0 \frac{\Delta R_0}{R_0}$.

Es ergiebt sich demnach als Erfordernis einer deutlichen Übertragung, dass bei dem Mikrophon die Widerstandsänderung ΔR_0 klein ist gegenüber dem Widerstande des Gesamtmikrophonkreises. Dann wird gleichzeitig die Stromänderung $\Delta \mathfrak{J}_0$ klein gegen den konstanten Strom $\mathfrak{J}_0$, der im Stromkreise fliesst. $\Delta \mathfrak{J} \cdot \Delta R$ in 1a) kann also vernachlässigt werden und wir erhalten als Bedingungsgleichungen unseres Systems

$$\mathfrak{J}_0 \Delta R + R_0 \Delta \mathfrak{J} + L_1 \frac{d\mathfrak{J}_1}{dt} + M \frac{d\mathfrak{J}_2}{dt} = 0,$$

und da $\Delta R = \Delta R_0 \cos \omega t$ (Gleichung 3); $\Delta \mathfrak{J} = \mathfrak{J}_1 - \mathfrak{J}_0$ (Gleichung 4), so wird

1b) $$\mathfrak{J}_0 \Delta R_0 \cos \omega t + R_0 \mathfrak{J}_1 - R_0 \mathfrak{J}_0 + L_1 \frac{d\mathfrak{J}_1}{dt} + M \frac{d\mathfrak{J}_2}{dt} = 0 .$$

$$\mathfrak{J}_2 R_2 + L_2 \frac{d\mathfrak{J}_2}{dt} + M \frac{d\mathfrak{J}_1}{dt} = 0 . \qquad 2)$$

Um hieraus $\mathfrak{J}_2$ zu bestimmen setzen wir aus 2)

$$\frac{d\mathfrak{J}_1}{dt} = -\frac{R_2 \mathfrak{J}_2}{M} + \frac{L_2}{M} \frac{d\mathfrak{J}_2}{dt}$$

in 1b) ein, differentieren nach t und eliminieren abermals $\frac{d\mathfrak{J}_1}{dt}$ mit Hilfe von Gleichung 2). Wir erhalten schliesslich als Differentialgleichung zur Bestimmung von $\mathfrak{J}_2$

$$\frac{d^2\mathfrak{J}_2}{dt^2} + \frac{R_0 L_2 - R_2 L_1}{M^2 - L_1 L_2} \frac{d\mathfrak{J}_2}{dt} + \frac{R_0 R_2}{M^2 - L_1 L_2} \mathfrak{J}_2 = \frac{\omega \Delta R_0 \mathfrak{J}_0 M}{M^2 - L_1 L_2} \sin \omega t . \qquad 9)$$

Die Integration dieser Gleichung ergiebt

$$10)\quad \mathfrak{J}_2 = \frac{\Delta R_0\ \mathfrak{J}_0 M}{N} \sin\left\{\omega t + arctg\ \psi\right\},$$

wo

$$11)\quad N^2 = (M^2 - L_1 L_2)^2 \omega^2 + \left\{R_0^2 L_2^2 + R_2^2 L_1^2 - 2 R_0 R_2 M^2\right\} + R_0^2 R_1^2 \cdot \frac{1}{\omega^2}.$$

Für unseren Fall wird $M^2 - L_1 \cdot L_2 = o$, da nur die Selbstinduktionen der Spulen selbst in Frage kommen. Demnach wird $N^2 =$

$$12)\quad (R_0 L_2 - R_2 L_1)^2 + \frac{R_2^0 R_2^2}{\omega^2}.$$

Die Phasenverschiebung, die durch *arctg* ψ ausgedrückt ist, können wir ausser Betracht lassen, da die Klangfarbe bekanntlich von den Phasen der Obertöne unabhängig ist.

Dagegen zeigt der Ausdruck für $\mathfrak{J}_2$ zunächst, dass wir bei gegebener Widerstandsänderung ΔR_0 um so grösseres $\mathfrak{J}_2$ erhalten, je grösser $\mathfrak{J}_0$, d. h. je grössere E.M.K. wir im Mikrophonkreise verwenden. Wenn wir weiter die Widerstände der Stromkreise S_1 und S_2 möglichst klein machen, so ist das Glied $\frac{R_2^0 R_2^2}{\omega^2}$ von N^2 immer mehr zu vernachlässigen. R' ist bei dem verwendeten Mikrophon von der Grössenordnung 5 Ω, R_2 bei dem Betriebe mit 60 Volt und 20 Amp. muss wenigstens 3 Ω gesetzt werden, ω liegt für die menschliche Stimme zwischen 600 und 6000 etwa, dann würde das zweite Glied von N^2 zwischen 0,029 und 0,00029 liegen. Die Deutlichkeit der Übertragung verlangt, dass $\mathfrak{J}_2$ unabhängig von ω, d. h. der Schwingungszahl ist. Das wird daher im vorliegenden Falle um so mehr erfüllt sein, je grösser $(R_0 L_2 - R_2 L_1)^2$ gegen $\frac{R_2^0 R_2^2}{\omega^2}$. Andrerseits muss $R_0 L_2 - R_2 L_1$, da es im Nenner steht, möglichst klein gemacht werden, wenn $\mathfrak{J}_2$ möglichst gross sein soll.

Die Werte 0,029 bis 0,00029 für $\frac{R_2^0 R_2^2}{\omega^2}$ zeigen, dass wir für $R_0 L_2 - R_2 L_1$ kaum unter 1 herabgehen dürfen. Die Bedingung kleiner Widerstände R erfordert Anwendung dicken Drahtes für die Spulen, die Bedingung möglichst grosser gegenseitiger Induktion möglichst viele Windungen bifilar nebeneinander aufgewickelt.

0,5 Ω eines 3 mm starken Kupferdrahtes haben eine Länge von 230 m. Mit zweimal 230 m bifilar gewunden erzielt man für jede Spule den grössten Wert der Selbstinduktion und demnach auch der gegenseitigen Induktion, wenn die axialen Querschnitte durch den Spulendraht quadratisch sind, und dabei

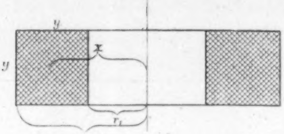


Fig. 2.

der mittlere Windungsradius $x = 1,85\,y$ ist.[1]) Ist n noch die auf y entfallende Anzahl von Windungen, so hat man folgende Bestimmungsgleichungen (siehe Figur 2)

$x = 1,85\,y$; $n = \frac{y}{0,5}$, da der verwendete Draht mit Isolation 0,5 cm dick ist. $2\pi\, n^2 x = 46000$.

Daraus ergiebt sich

$$y = 10 \text{ cm}; \quad n = 20; \quad x = 18,5 \text{ cm},$$

$$r_1 = x - \frac{y}{2} = 13,5 \text{ cm}; \quad r_2 = x + \frac{y}{2} = 23,5 \text{ cm}.$$

Jede Spule würde demnach 100 Windungen enthalten, ihre Selbstinduktion (ohne Eisenkern) wäre (annähernd berechnet) ca. 0,05 Henry, mit Eisenkern ca. 0,5, die gegenseitige Induktion demnach 0,5. Um die Bedingung $R_0 L_2 - R_2 L_1 = 1$ zu erfüllen, setzen wir R_0 als variabel und erhalten mit $L_2 = 0,5$; $L_1 = 0,5$; $R_2 = 3$: $R_0 = 5\,\Omega$, wie er für das verwendete Mikrophon oben angegeben war.

Eine nach diesen Gesichtspunkten konstruierte Spule würde demnach sowohl nach Deutlichkeit, wie nach Stärke der Wirkung die günstigsten Verhältnisse aufweisen. Inwieweit die Praxis diesem natürlich nur angenäherten theoretischen Resultate entspricht, wird Gegenstand weiterer Untersuchung sein.

Einstweilen erzielte ich mit einer Spule aus 200—300 Windungen (innerer Durchmesser 6 cm, äusserer 18 cm, Länge 25 cm) eines 3 mm starken Kupferdrahtes in je 6 Lagen unter Verwendung eines gut unterteilten Eisenkernes schon recht gute Resultate. Singen und Pfeifen der Lampe war mit derselben in einem mittelgrossen Hörsaal an jeder Stelle zu hören. Auch die Deutlichkeit war recht befriedigend.

Übrigens ist darauf zu achten, dass das Eisen des Eisenkernes nicht über das Knie der Magnetisierungskurve magnetisiert wird, da sonst μ und damit M kleiner wird und die Transformation unter sehr viel ungünstigeren Bedingungen erfolgt. Eventuell ist es zweckmässig, durch einige von einem besonderen Gleichstrom durchflossene Gegenwindungen diejenige Magnetisierung einzuregulieren, welche die günstigste ist.

Legt man die erwähnten günstigsten Versuchsdaten zu Grunde, so erhält man aus Gl. 10) die maximale Amplitude der übergelagerten

1) Maxwell, Elektriz. und Magnetismus, (Deutsch von Weinstein, II, 434, Berlin 1883.

Stromschwingungen J_2 zu ca. 0,025 Amp. Wie ich am angegebenen Orte gezeigt habe, sind die kleinsten, als Töne wahrnehmbaren Ströme von der Grössenordnung $5 \cdot 10^{-6}$ Ampère. Ein Vergleich zeigt, dass wir bei der obigen Anordnung in der That recht laute Wirkungen erwarten dürfen.

Ein zweiter Weg, die Mikrophonströme über den Flammenbogen überzulagern, ist von Herrn E. Ruhmer[1] vorgeschlagen. Herr Ruhmer schaltet ein oder mehrere Mikrophone ohne besondere Batterie, zugleich mit dem nötigen Widerstande, der Bogenlampe einfach parallel. Auch so erhält man sehr gute Wirkungen. Die Theorie dieser Schaltung ist sehr einfach; wegen des Fehlens jeder Selbstinduktion muss sie sehr deutliche Wiedergabe bewirken. Doch erfordert sie grosse Widerstände im Mikrophonkreise, so dass man an Lautstärke verliert, was man an Deutlichkeit gewonnen hat. Ferner bildet bei dieser Schaltung die Batterie einen Nebenschluss, welcher einen Teil der Mikrophonströme nutzlos verbraucht. Den letzteren Übelstand vermeidet man durch Einschalten einer Drosselspule vor die Batterie, welche die Mikrophonwechselströme nicht durchlässt. — Man kann übrigens den Übelstand des grossen Widerstandes dadurch umgehen, dass man im Mikrophonkreise noch eine Gegenbatterie verwendet, deren E. M. K. 2 bis 4 Volt kleiner ist, wie die der Betriebsbatterie der Bogenlampe. Immer aber hat die praktische Durchführung dieser Schaltungsweise mancherlei Schwierigkeiten, da der Spannungsabfall in einem Flammenbogen äusserst variabel ist.

2. Die Schallschwingungen im Flammenbogen kommen dadurch zu stande, dass die übergelagerten Stromschwingungen analoge Schwankungen des Volumens der den Flammenbogen bildenden leitenden Gase veranlassen. Diese Volumschwankungen können sowohl durch Schwankungen der verdampfenden Kohlenmenge, als auch durch Schwankungen der Temperatur des Flammenbogens infolge von Änderungen der Jouleschen Wärme verursacht sein. In meiner ersten Veröffentlichung habe ich die letztere Annahme zu Grunde gelegt und gezeigt, dass sie auch quantitativ durchaus plausibel erscheint. In diesem Falle müssten den Schwankungen des Stromes stets Intensitätsschwankungen des von der sprechenden Lampe ausgestrahlten Lichtes parallel gehen und jede Stelle des Raumes erhielte analoge Strahlungsschwankungen mit den Lichtwellen zugetragen.

Nun haben wir mehrere Mittel, solche, auch schnellen Änderungen der Strahlungsintensität einer Licht- oder Wärmestrahlung nachzuweisen, in den sogenannten Radiophonen, von denen die Selenzelle vielleicht das bekannteste und interessanteste ist. Lässt man also das Licht der sprechenden Bogenlampe auf eine Selenzelle fallen, die man mit 20 bis 60 Volt und einem Telephon zu einem Stromkreise verbunden hat, so wird, wie es schon Bell bei seinem Photophon verwertet hat, dasselbe auf alle Strahlungsschwingungen mit Widerstandsschwingungen reagiren, die ihrerseits Stromschwingungen im Telephon, also wieder Schallschwingungen zur Folge haben. Kurz, man hört in dem Telephon, was die Bogenlampe spricht, man hat eine Lichttelephonie, eine Telephonie ohne Draht. (Vgl. Fig. 1.)

Meine Versuche in dieser Richtung hatten in der That den erwarteten Erfolg. Mit Hülfe eines Projektionskondensators zur Konzentration des Lichtes auf die Selenzelle gelingt es leicht, die Lichttelephonie auf nähere Entfernungen (20 m) zu demonstrieren, dabei kann man das Licht auch durch Spiegel um die Ecke gehen und erst dann auf die Selenzelle treffen lassen.

Im Gelingen dieser Übertragung scheint mir eine weitere Stütze für meine Auffassung zu liegen, dass die Töne in der Lampe durch Schwankungen der Jouleschen Wärme des Flammenbogens zu stande kommen. Denn nur Änderungen der Strahlungstemperatur geben nach den Strahlungsgesetzen zu Änderungen der Strahlungsintensität Anlass; und eine Vermehrung der Verdampfung würde keine Temperaturerhöhung bedingen. Indessen bleibt die Möglichkeit offen, dass bei dem akustischen Phänomen beide Ursachen mitwirken. Weitere Untersuchungen sollen Aufschluss darüber geben.

Auch andere Radiophone, die mehr auf Wärmestrahlen reagieren, wie eine berusste Glimmerplatte, ein auf 0,07 mm ausgewalztes Breguetblech (Platin, Gold, Silber) und andere radiophonische Anordnungen hatten Erfolg. Man muss sich hier jedoch hüten, sich durch direkte Schallwirkungen täuschen zu lassen, was namentlich bei Konzentration des Lichtes durch Hohlspiegel wegen der punktförmigen Schallquelle sehr leicht Wirkungen vortäuscht, die nicht vorhanden sind. — Einstweilen hat die Selenzelle die bei weitem besten Resultate ergeben. Über die beste Schaltungsweise und die günstigsten Betriebsbedingungen werde ich demnächst berichten.

Wieweit die Übertragung unter Anwendung von modernen Scheinwerfern und verbesserter Selenzellen gelingt, ist Gegenstand weiterer Versuche. Jedenfalls ist begründete Hoffnung, dass man mit dieser Anordnung der Lichttelephonie die von Bell mit seinem Photophon erreichte Entfernung von 250 m weit wird übertreffen können. Bell lässt das Licht einer starken Lichtquelle an einer spiegelnden Sprechmembran reflektieren und dann auf die Selenzelle fallen.

1) E. Ruhmer, Der Mechaniker, **8**, 279, 1900.

Die Membran ist bei den Schallschwingungen bald eben, bald konkav, bald konvex gekrümmt, so dass dem refektierten Lichtstrahle diese Schallschwingungen als Intensitätsschwingungen aufgeprägt werden. Die Überlegenheit der sprechenden Bogenlampe der Bell'schen Anordnung gegenüber ist wohl ohne weiteres einleuchtend.

3. Die vorstehende Mitteilung war bereits verfasst, als ich durch Zeitungsnachrichten Kunde erhielt von den Verbesserungen, die Herr Duddell an der „sprechenden Bogenlampe" angebracht hat.[1]) Der Sinn dieser Verbesserungen ist der, zu verhindern, dass die aufgeprägten Stromschwankungen den ganzen Bogenlampenstromkreis mitsamt seiner Batterie oder der Dynamomaschine durchlaufen, wodurch sie eine unnötige Schwächung erfahren müssen. Das wird z. B. durch folgende Schaltung erreicht (siehe Figur 3):

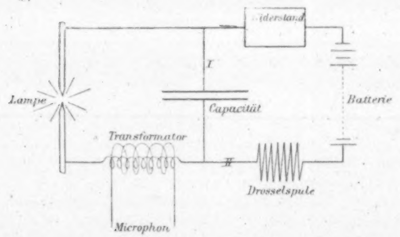


Fig. 3.

Parallel zur Lampe wird vor dem Transformator ein Nebenschluss mit einer Kapazität von einigen (etwa 5) Mikrofarad angebracht, während in dem Gleichstromkreis vor der Abzweigung von I eine grosse Selbstinduktion (Drosselspule) eingeschaltet wird. Für den von der Batterie kommenden Gleichstrom ist die Drosselspule ohne weiteres passierbar, der Zweig I mit der Kapazität aber versperrt. Andrerseits ist für die im Transformator erregten Wechselströme die Drosselspule ein ∞ grosser Widerstand, die Kapazität in I dagegen ein ∞ kleiner. Die aufgeprägten Mikrophonströme werden demnach über I ungeschwächt auf die Bogenlampe übertragen. Die Kapazität in I muss wenigstens so gross sein, dass für keine der beim Sprechen vorkommenden Schwingungszahlen Resonanz im Stromkreise I eintreten kann. Die Bedingung der Resonanz ist $2\pi n = \frac{1}{\sqrt{LC}}$, es muss also bei gegebenem L der Transformator C wenigstens so gross sein, dass $300 > \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$. Das ist bei den Verhältnissen der oben beschriebenen Versuche mit $C = 5$ M.F. reichlich erfüllt.

In der That erzielt man mit dieser Schaltung und ähnlichen nach denselben Gesichtspunkten eine ganz ausserordentliche Verbesserung der Deutlichkeit und Lautstärke. Der Flammenbogen wirkt wie ein lautsprechendes Telephon bester Art und was man auf ihn überträgt, wird mit unveränderter Klangfarbe in einem grossen Raume überall laut und deutlich gehört. Vorteilhaft ist es, möglichst lange Flammenbogen (nach Duddell 2—3 cm lang) zu verwenden, worauf ich schon in meiner ersten Mitteilung hingewiesen habe.

Dass diese Verbesserungen auch die obenerwähnte Telephonie ohne Draht wesentlich fördern, ist nach dem Gesagten klar.

Auf weitere Folgerungen und Anwendungen werde ich zurückkommen, wenn mir die Duddell'sche Abhandlung im Original zugänglich ist.

Frankfurt a. M., Laboratorium des Physikalischen Vereins, Januar 1901.

(Eingegangen 16. Januar 1901.)

1) W. Duddell, The Electrician', **46**, Nr. 8 und 9, Dez. 1900.

Über eine vorteilhafte Verwendung des Vakuums für bolometrische Messungen.

Von F. Kurlbaum.

Kürzlich ist eine Arbeit von E. Rutherford und R. K. Mc. Clung[1]) erschienen, in welcher unter Anderem die Intensität der Röntgenstrahlen in absolutem Masse bestimmt ist. Derselbe Gegenstand ist nach gleicher Methode von K. Schoeps[2]) behandelt. Die in beiden Arbeiten angewandte Methode habe ich gleichfalls früher für absolute Strahlungsmessungen benutzt; sie besteht im wesentlichen darin, die durch Bestrahlung hervorgerufene Temperaturerhöhung eines Bolometerzweiges noch einmal durch Stromwärme hervorzurufen, so dass die der Strahlungsintensität entsprechende Wärmemenge aus Widerstand und Stromstärke berechnet werden kann.[3]) Ich komme hier auf diese Methode nur deshalb zurück, weil sie für die Messung von Röntgenstrahlen einen ausserordentlich grossen Vorteil gewährt, der in den beiden zuerst zitierten Arbeiten nicht benutzt ist und vielleicht übersehen sein könnte, obgleich ich auf diesen Vorteil bei Gelegenheit einer früheren Arbeit aufmerksam gemacht hatte.[4])

1) Proc. Royal Soc. **57**, 245—250, 1900 und diese Zeitschrift **2**, 53—55, 1900. (Vergl. auch **2**, 218, 1901.)
2) Dissertation Halle 1899.
3) Wied. Ann. **65**, 746—760, 1898 und **51**, 591, 1894.
4) Wied. Ann. **61**, 419, 1897.

Wird ein Bolometer bestrahlt, so ist im stationären Zustand die durch Bestrahlung empfangene Wärmemenge gleich dem durch Ausstrahlung des Bolometers und Wärmeleitvermögen der umgebenden Luft eintretenden Verlust, wenn man von der Wärmeableitung an den Enden der Bolometerstreifen absieht.[1]) Für ein nahezu schwarzes Bolometer ist nun, wie ich durch Versuche bestimmt habe, der durch Ausstrahlung bedingte Wärmeverlust eines Bolometers ungefähr gleich dem durch die Wärmeleitung der Luft verursachten, so dass ein solches Bolometer unter sonst gleichen Umständen im Vakuum bei Bestrahlung angenähert die doppelte Temperaturerhöhung erfahren muss. Dies Resultat fand ich an einem Bolometer, welches mit einem Glühlampen - Kohlefaden zusammen in demselben Vakuum eingeschlossen war, bestätigt.

Die so erreichte doppelte Empfindlichkeit allein würde jedoch die Anwendung eines Vakuums kaum lohnen, man erreicht aber zugleich noch einen sehr wesentlichen Vorteil. Bekanntlich machen sich die durch Erwärmung des Bolometers verursachten Luftströmungen bei den Messungen sehr störend bemerkbar, da sie kleine Widerstandsänderungen in den Bolometerzweigen hervorrufen, welche die Galvanometernadel beständig beunruhigen. Hier möchte ich besonders erwähnen, dass diese Störungen proportional der dritten Potenz des zur Widerstandsmessung benutzten Stromes zunehmen, da die in den Bolometerzweigen erzeugte Wärmemenge, welche die Luftströmungen veranlasst, selbst proportional dem Quadrat der Stromstärke, und die Empfindlichkeit der Messung proportional der Stromstärke ist. Deshalb wird die Grösse des brauchbaren Stromes ziemlich scharf durch die eintretenden Störungen begrenzt, während man bei Verzicht auf eine grössere Empfindlichkeit eine sehr ruhige Lage der Galvanometernadel erhalten kann. Geht man z. B. auf den zehnten Teil einer eben noch brauchbaren Stromstärke zurück, so ist es sogar möglich, eine Wheatstone'sche Brücke mit nur einem Bolometerzweig zu verwenden, wie ich dies für manche Versuche brauchbar gefunden habe. Die erwähnten, durch die umgebende Luft bedingten Übelstände fallen also im Vakuum fort, und es ist gestattet, die Empfindlichkeit des Bolometers durch Anwendung eines stärkeren Stromes zu steigern.

Der grösste Vorteil besteht aber in folgendem. Wie ich gleichfalls hervorgehoben habe, bedingt die Ausstrahlung eines blanken Bolometerzweiges gegenüber der Wärmeleitung eines Gases nur einen sehr geringen Wärmeverlust.[1]) Nach meinen Messungen ist z. B. der Wärmeverlust eines blanken Platinbolometers, soweit er durch Ausstrahlung verursacht wird, kleiner als ein Zwanzigstel des durch Luftwärmeleitung hervorgerufenen Verlustes.

Da man nun als Empfänger für Röntgenstrahlen natürlich blankes Platinblech wählt, so tritt eine Steigerung der Empfindlichkeit im Vakuum gegenüber derjenigen in Luft auf mindestens das Zwanzigfache ein. Dieser Vorteil giebt mit dem der vermiedenen Luftströmungen mindestens eine fünfzigfache Empfindlichkeit. Bei dieser Betrachtung ist die Wärmeabgabe der Platinstreifen an den Auflagestellen des Rahmens vernachlässigt, und diese nimmt, sobald die übrigen Wärmeverluste klein werden, eine relativ erhebliche Grösse an, da man zur Absorption von Röntgenstrahlen dickere Platinstreifen wählen muss, als für bolometrische Arbeiten sonst üblich ist.

1) H. F. Raid, Sill. Journ. (3) **35**, 160—166, 1888 und O. Lummer und F. Kurlbaum, Wied. Ann. **46**, 204—224, 1892.

1) Wied. Ann. **61**, 419, 1897.

(Eingegangen 14. Januar 1901.)

VORTRÄGE UND DISKUSSIONEN VON DER 72. NATURFORSCHERVERSAMMLUNG ZU AACHEN.

G. Benischke (Berlin), Neuere Wechselstrom-Messinstrumente.

Die Wechselstrom-Instrumente, die ich Ihnen vorzuführen beabsichtige und welche von der Allgemeinen Elektricitäts-Gesellschaft, Berlin, gebaut werden, gehören zwei verschiedenen Gattungen an: die einen sind Schalttafelinstrumente, die anderen Präzisionsinstrumente. Dass eine solche Zweiteilung nötig ist, liegt in den weitaus höheren Herstellungskosten der letzteren. Bei den Schalttafelinstrumenten kommt es vor allem nicht darauf an, dass sie von der Polwechselzahl unabhängig sind, weil fast jede Wechselstromanlage aus verschiedenen Gründen genötigt ist, eine bestimmte Polwechselzahl einzuhalten, welche bei der Aichung der Instrumente berücksichtigt werden kann. Wohl aber ist eine ausreichende Dämpfung der Zeigerausschläge von grösster Wichtigkeit, namentlich bei Anlagen mit Parallelbetrieb. Eine solche

Dämpfung lässt sich bei diesen Instrumenten, die auf der elektro-dynamischen Schirmwirkung beruhen, leicht herstellen. Ausser der Dämpfung haben diese Instrumente gegenüber vielen Systemen von elektromagnetischen Instrumenten auch noch den Vorteil, dass ihre Angaben unabhängig sind von der Kurvenform des Wechselstromes, wenigstens soweit sich dies auf die in der Praxis möglichen Kurvenformen bezieht. Diese Eigenschaft ist für Wechselstrom-Instrumente darum unerlässlich, weil man sie bei der Aichung nicht berücksichtigen kann, wie etwa die Abhängigkeit von der Polwechselzahl. Diese Instrumente haben folgende Einrichtung:

Zu beiden Seiten einer um die Achse A drehbaren Metallscheibe (Fig. 1) befinden sich

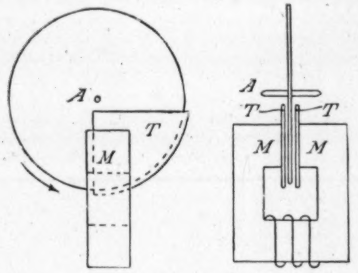


Fig. 1.

die Wechselstrom-Magnetpole M einander gegenüber. Vor diesen befinden sich die Metallplatten (Schirme) T, welche die Polflächen teilweise bedecken. Die Kraftlinien, die von einem Magnetpol zum anderen gehen, treffen zum Teil die feststehenden Schirme, zum Teil (links von den Schirmen) die drehbare Scheibe und induzieren in ihnen in sich geschlossene Ströme. Da diese von demselben magnetischen Felde erzeugt werden, haben sie dieselbe Richtung. Nach einem Grundgesetze der Elektrodynamik ziehen sich gleichgerichtete parallele Ströme an; und weil die in der drehbaren Scheibe induzierten Ströme links seitwärts von den Schirmen (neben dem unbedeckten Teile der Magnetpole) ihren Sitz haben, so erhält die Scheibe ein Drehmoment im Sinne des Pfeiles. In der praktischen Ausführung haben die schirmenden Platten ein anderes Aussehen: sie reichen nach rechts nicht über die drehbare Scheibe hinaus, sondern sind aufgebogen, so dass sie oben und rechts die Pole auch seitlich bedecken. Ausserdem wirkt auf die Scheibe noch der in Figur 2 (Voltmeter) sichtbare Dauermagnet, welcher die Dämpfung des Ausschlages bewirkt. Die Ampèremeter unterscheiden sich von den Voltmetern nur durch die Wickelung und die Stromzuführung.

Da sich bei Wechselströmen die Leistung nicht durch Multiplikation von Strom und Spannung ergiebt, wie bei Gleichstrom, so sind besondere Leistungsmesser (Wattmeter) erforderlich. Diese werden nach dem gleichen System ausgeführt (Fig. 3) und enthalten drei

Fig. 2.

Fig. 3.

Elektromagnete, welche alle auf dieselbe Scheibe wirken, und von denen der mittlere im Hauptstrom, die beiden äusseren im Nebenschluss liegen. Eine theoretische Untersuchung[1]) hat gezeigt, dass es möglich ist, bei solchen Instrumenten die Angaben unabhängig von der Phasenverschiebung zwischen Strom und Spannung (also unabhängig von dem Leistungsfaktor $\cos\varphi$) zu gestalten, so dass es also wirkliche Wattmeter sind.

Eine Abhängigkeit dieser Instrumente von der Kurvenform innerhalb der im Wechselstrombetriebe vorkommenden Abweichungen von der Sinus-Linie ist nicht vorhanden. Hingegen ist die Aichung abhängig von der Polwechselzahl. Bei den Voltmetern ist diese am geringsten; sie beträgt zwischen 80 und 100 Wechsel ungefähr 0.5 %. Bei den Wattmetern ist sie etwas grösser (etwa doppelt so gross), und bei den Ampèremetern am grössten, bei denen sie innerhalb derselben Grenzen ungefähr 12 % beträgt. Es ist daher erforderlich, die Aichung bei einer bestimmten Polwechselzahl auszuführen, die bei jedem Instrument auf der Skala bezeichnet wird.

Für die in Hochspannungsanlagen zur Verwendung kommmenden Instrumente wurde bei diesem System eine Neuerung eingeführt, welche eine wesentliche Erhöhung der Betriebssicherheit bedeutet. Denn bei jenen bildet gerade die Schalttafel mit ihren Instrumenten einen heikleren Gegenstand in Bezug auf die Betriebssicherheit, als die Maschinen oder die Trans-

1) Elektrot. Zeitschrift 1899, Heft 4.

formatoren. Die ersteren sind in solchen Fällen immer so gross, dass eine genügende Isolation untergebracht werden kann, und bei den letzteren kann die betriebssichere Grenze der Spannung dadurch weiter heraufgerückt werden, dass man sie in Ölkästen einbaut. Das geht aber bei den Messinstrumenten nicht, und es wurde daher auch auf die Ampèremeter jene Eigenschaft der Wechselströme angewendet, welche bei den Spannungsmessern schon meist in Gebrauch ist, nämlich ihre Umwandlungsfähigkeit. Dazu dienen die sogenannten Stromwandler. Figur 4 zeigt die Ansicht eines solchen für 250 Ampère. Die Spule, welche den zu messenden hochgespannten Strom führt, und die hier beispielsweise aus einer Windung besteht, ist sehr sorgfältig isoliert, was sich bei einer derartigen Anordnung leicht durch Stabilit oder Mikanit erreichen lässt. Die sekundäre Wickelung, welche zum Messinstrument selbst führt, hat nur geringe Spannung, aber doch so viel, dass man es auch in beträchtlicher Entfernung vom Stromwandler und der Hochspannungsleitung anbringen kann. Zur Verbindung des Stromwandlers mit dem Messinstrument genügt bei einem Meter Entfernung eine Drahtstärke von 0,5 mm, bei 10 m Entfernung ist ein Kupferdraht von ungefähr 2 mm Stärke erforderlich. Auch bei den Wattmetern dieses Systemes ist die Anwendung von Stromwandlern möglich; doch muss hierbei, um das gewünschte Ziel, nämlich Instrumente, die gar keine Hochspannung führen, zu erreichen, auch der Nebenschlussstrom umgeformt werden. Dies geschieht mittelst eines Spannungswandlers, der im Prinzip einem Transformator gleicht und sich von diesem nur durch eine andere Anordnung unterscheidet. Es gehört demnach zu jedem Wattmeter ein bestimmter Stromwandler und ein bestimmter Spannungswandler, sowie zu den dynamometrischen Wattmetern ein bestimmter Widerstand. Die Verbindung dieser Hilfsapparate mit dem Instrumente selbst ist aus Figur 5 zu ersehen.

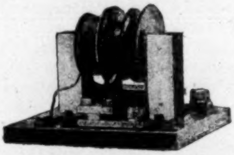


Fig. 4.

Die Möglichkeit, Hochspannungs-Wattmeter zu bauen, ohne den hochgespannten Strom selbst in das Instrument führen zu müssen, kommt den Induktions-Wattmetern allein zu. Bei den dynamometrischen Wattmetern hingegen ist die Verwendung von Strom- und Spannungswandlern unmöglich, weil durch diese eine Phasenverschiebung verursacht wird, die wesentlich anders sein kann als die Phasenver-

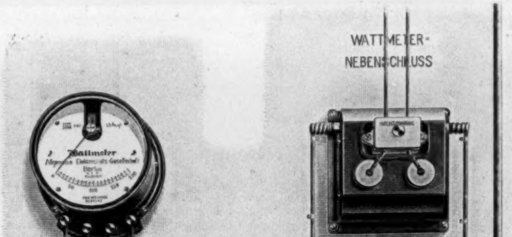


Fig. 5.

MARINE BIOLOGICAL LABORATORY
WOODS HOLE
LIBRARY
MASS.

schiebung in dem zu messenden Stromkreise. Bei diesen Induktions-Wattmetern ist es möglich, die vom Strom- und Spannungswandler verursachte Phasenverschiebung auszugleichen, so dass ihre Angaben vom Leistungsfaktor unabhängig sind.

Abgesehen von der wesentlich höheren Betriebssicherheit, welche den eben beschriebenen Hochspannungs-Ampèremetern und Wattmetern eigen ist, kommt noch ein anderer nicht minder wichtiger Umstand in Betracht, nämlich der, dass es jetzt möglich ist, Hochspannungsschalttafeln zu bauen, welche auf ihrer Vorderseite keinen einzigen Hochspannung führenden Teil haben, wodurch die Gefahr für die Bedienungsmannschaft gänzlich beseitigt ist.

Die Verwendung von Stromwandlern bietet nicht nur bei den Hochspannungs-Instrumenten einen grossen Vorteil, sondern auch bei jenen Ampèremetern und Wattmetern für Niederspannung, welche für sehr grosse Stromstärken geeignet sein sollen. Bei solchen macht nicht nur die Installation Schwierigkeiten, sondern es ist auch die Unterbringung des grossen Kupferquerschnittes im Instrumente selbst nicht möglich. Es kommen infolgedessen Stromwandler zur Verwendung, bei denen der unterteilte Eisenkörper die Kupferschienen umgiebt, wie dies aus der Figur 6 ersichtlich ist. Eine sekundäre Wickelung sitzt auf einem Längsstück des Eisenkörpers. Da es sich bei so grossen Stromstärken immer nur um niedrige Spannungen handelt, so ist es möglich, für ein Ampèremeter und Wattmeter, die denselben Stromkreis messen sollen, einen einzigen Stromwandler zu verwenden, wie dies Figur 6 zeigt, welche ein Wechselstrom-Ampèremeter und Wattmeter einer Karbidanlage bis 8000 Ampère darstellt.

Es dürfte auf diese Weise zum ersten Male möglich geworden sein, Wattmeter für so hohe Stromstärken auszuführen.

Ich wende mich nun zu den Präzisions-Instrumenten. Darunter sind solche zu verstehen, an welche dieselben Anforderungen gestellt werden können, wie an die bekannten Gleichstrom-Präzisionsinstrumente; d. h. also, sie müssen grosse Genauigkeit und Empfindlichkeit und eine gute Dämpfung besitzen. Ausserdem müssen sie aber auch von der Polwechselzahl und der Kurvenform des Wechselstromes unabhängig sein. Die Torsions-Dynamometer, die bisher meist zu genauen Messungen verwendet wurden, besitzen keinerlei Dämpfung, so dass sie bei schwankendem Strome nicht zu brauchen sind, da ja bekanntlich der abzulesende

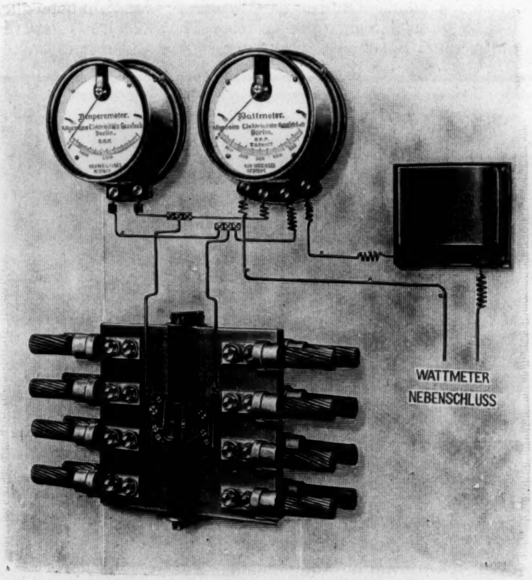


Fig. 6.

Zeiger mittelst eines Torsionsknopfes eingestellt werden muss. Die Instrumente aber, die ich Ihnen vorführen will, sind dynamometrische Zeigerinstrumente mit einer Dämpfung, die man bisher bei solchen Instrumenten für unmöglich erklärt hat, nämlich mit magnetischer Dämpfung. Allerdings darf man in dynamometrischen Instrumenten, wie sie bisher bekannt sind, einen Dauermagnet, der die Dämpfung bewirken

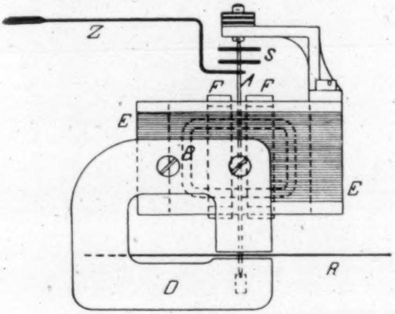


Fig. 7.

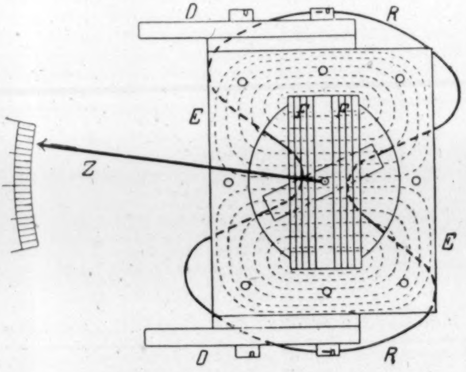


Fig. 8.

soll, nicht ohne weiteres hineinbringen, weil er das Feld derartig verzerrt, dass eine brauchbare Skala nicht zu erzielen ist, und weil der Dauermagnetismus unter dem Einflusse des Wechselstromes allmählich vernichtet wird, so dass die Dämpfung schliesslich verloren geht. Bei der hier getroffenen Einrichtung aber ist es möglich, eine magnetische Dämpfung anzubringen. Das Wesentliche der inneren Beschaffenheit aller dieser Instrumente, Voltmeter, Wattmeter und Ampèremeter ist aus den Figuren 7 und 8 zu ersehen.

In einem aus Eisenblech zusammengesetzten Körper E, welcher eine von Kreisbögen begrenzte Bohrung besitzt, ist die aus zwei Teilen bestehende feste Spule F eingesetzt. Innerhalb dieser befindet sich an der Achse A die bewegliche Spule B, welcher der Strom durch die Spiralfedern S, die gleichzeitig als Gegenkraft dienen, zugeführt wird. Auf der Achse A sitzt auch der Zeiger Z, welcher auf einer empirisch geaichten Skala einspielt, und der Aluminium-Doppelflügel R, dessen äusserer Rand sich zwischen den Polen der beiden Dämpfmagnete D bewegt und in bekannter Weise dazu dient, die Schwingungen des drehbaren Systems zu dämpfen. Die gestrichelten Linien in der Figur 8 stellen den Verlauf der von der festen Spule erzeugten Kraftlinien dar. Wie man daraus ersieht, ist der Eisenkörper E in Bezug auf die festen Spulen so gestaltet, dass er die Kraftlinien in sich aufnimmt und ihren Verlauf so bestimmt, dass die Dämpfmagnete von ihnen nicht getroffen werden und infolgedessen ihren Dauermagnetismus nicht verlieren. Der innere Teil des Instrumentes hingegen, in welchem sich die drehbare Spule bewegt, ist frei von Eisen. Es verläuft also gewissermassen nur der Rückweg der Kraftlinien im Eisen, was für die elektrischen Eigenschaften dieser Instrumente von Wichtigkeit ist.

Unter den drei Gattungen dieser Instrumente ist das Voltmeter das einfachste. Die feste und bewegliche Spule bestehen aus entsprechend dünnem Kupferdraht und sind hintereinander geschaltet, wozu natürlich noch ein Vorschaltwiderstand kommt. Sie werden in der Regel für zwei Messbereiche ausgeführt.

Was das Wattmeter anbelangt, so ist, wie

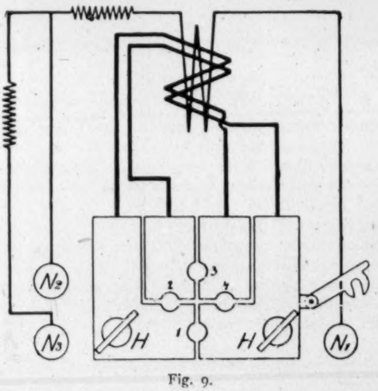


Fig. 9.

bei allen Leistungsmessern, die feste Spule in den Hauptstromkreis, die bewegliche in den Nebenschluss eingeschaltet, und zwar besteht die feste Spule aus zwei Wickelungen. Die vier Enden derselben sind zu einer kleinen Schalttafel herausgeführt (Fig. 9 u. 10), die auf dem Instrumente selbst angebracht ist; sie können mittelst Stöpsel hintereinander und nebeneinander geschaltet werden, und man erhält so einen doppelten Messbereich in Bezug auf die Stromstärke.

Steckt man einen Stöpsel in 1, so ist das Instrument kurzgeschlossen, und der Strom geht unmittelbar von der einen Klemme zur anderen.

Fig. 10.

Die Klemmen für den Nebenschluss sind in Figur 9 mit N bezeichnet. Bei N_1 befindet sich ein beweglicher Haken, durch welchen diese Klemme unmittelbar mit dem Hauptstrome verbunden werden kann. Dieser Anschluss muss gewählt werden, wenn es sich um Messungen in einem Hochspannungs-Stromkreise handelt, damit nicht zu grosse Spannungsunterschiede im Instrumente selbst zwischen der festen und beweglichen Spule auftreten. In der Regel werden diese Wattmeter für zwei Spannungs-Messbereiche ausgeführt und die entsprechenden Vorschaltwiderstände, die mit den Anschlussklemmen N_2 und N_3 verbunden sind, im Instrumente selbst untergebracht. Es sind also bei diesen Instrumenten ohne sonstige Hilfsapparate vier Messbereiche vorhanden. Figur 10 zeigt das Äussere eines solchen.

Die Ampèremeter dieses Systems haben folgende Einrichtung: Die feste Spule wird von dem zu messenden Strome durchflossen, während die bewegliche Spule im Nebenschluss zu einem der festen Spule vorgeschalteten Messwiderstande liegt, oder im Nebenschluss des Messwiderstandes und der feststehenden Stromspule; und zwar kann der Messwiderstand gleich in das Instrument selbst eingebaut oder besonders beigegeben werden. Auch die Ampèremeter können durch Stöpsel für Hintereinanderschaltung und Nebeneinanderschaltung der beiden festen Spulen eingerichtet werden, wodurch der Messbereich verdoppelt wird.

(Eingegangen 22. Dezember 1900.)

Diskussion.

Raasch: Ich möchte fragen, wann Sie zum ersten Male mit diesen gefahrlosen Ampèremetern angefangen haben.

Benischke: Die Anfänge reichen bis fünf Jahre zurück. Praktisch in Wirklichkeit gesetzt sind sie von der Allgemeinen Elektricitäts-Gesellschaft seit drei Jahren.

Raasch: Bei den Lahmeyerschen Maschinen in Paris war die Sache auch.

Benischke: Ja, Lahmeyer hat solche Apparate von der Allgemeinen Elektricitäts-Gesellschaft bezogen, wie auch viele andere Firmen.

Raasch: Ja, das war noch eine Lücke, die ausgefüllt werden musste. Denn vorher war ja ein Schaltbrett nie ganz gefahrlos.

Personalien.

An der Universität Heidelberg wurde die etatmässige ausserordentliche Professur für organische Chemie dem ausserordentlichen Professor Dr. Emil Knoevenagel übertragen.

Professor der Physik an der Technischen Hochschule in Darmstadt P. Schering erhielt den Titel Geh. Hofrat.

Die Berliner Akademie der Wissenschaft hat dem Professor der Mathematik an der Technischen Hochschule Hannover Runge und dem Professor der Physik ebenda Frd. Paschen 1400 Mk. zur Beschaffung eines Halbring-Elektromagneten bewilligt.

Den Charakter als Geheimer Hofrat erhielt der ordentliche Professor der Mathematik an der Universität zu Giessen Eug. Netto.

Der Professor an der deutschen Staatsgewerbeschule, E. Janisch, in Brünn wurde zum ausserordentlichen Professor der darstellenden Geometrie an der deutschen technischen Hochschule in Prag, der Oberingenieur Baudiss zum ordentlichen Professor des Maschinenbaues an derselben Hochschule ernannt.

Der Chefelektriker der Berliner Allgemeinen Elektrizitäts-Gesellschaft von Dolivo-Dobrowolsky hat einen Ruf als Professor und Leiter der elektrotechnischen Anstalt am neuen Polytechnikum zu St. Petersburg erhalten und wird diesem Rufe Folge leisten.

An der Universität Erlangen wurde der bisherige Privatdozent an der Universität Graz Dr. phil. Ferdinand Heinrich aus Wiesbaden als Privatdozent für Chemie aufgenommen.

Für die Redaktion verantwortlich Dr. H. Th. Simon in Frankfurt a. M. — Verlag von S. Hirzel in Leipzig.
Druck von August Pries in Leipzig.